

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-259204

(43)Date of publication of application : 19.11.1991

(51)Int.Cl.

G02B 6/12

(21)Application number : 02-058355

(71)Applicant : FUJIKURA LTD

(22)Date of filing : 09.03.1990

(72)Inventor : TANAKA NOBUYUKI

## (54) OPTICAL WAVEGUIDE SUBSTRATE BY DIFFUSION OF MATERIAL FOR INCREASING REFRACTIVE INDEX

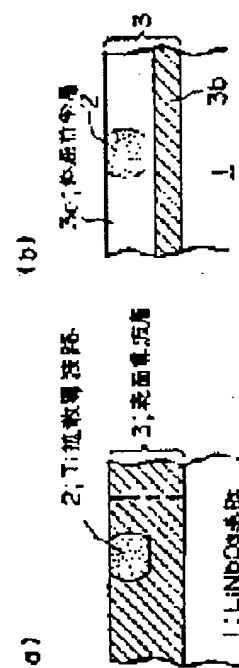
(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain excellent optical characteristics by diffusing a material for decreasing the refractive index into a substrate deeper than the waveguide formed by diffusing a material for increasing the refractive index into the substrate and shallower than in a surface waveguide layer.

CONSTITUTION: Ti is thermally diffused into the waveguide forming region of the LiNbO<sub>3</sub> substrate 1, by which the Ti diffused waveguide 2 is formed. The surface waveguide layer 3 is then formed deeper than the Ti diffused waveguide layer 2.

Further, MgO is additionally diffused in a dry atmosphere to form the low-refractive index layer 3a deeper than the Ti diffused waveguide 2 and shallower than the surface waveguide layer 3. Since the surface waveguide layer 3 is formed with the sufficient depth, the control of the depth of this diffusion is relatively easily executed. The respective layers are, therefore, formed in such a state that the

waveguide 2 of the refractive index is enclosed circumferentially with the low-refractive index 3a and the high-refractive index layer 3b remains under the low-refractive index layer 3a. The optical waveguide having the good property to confine light is thus obtd. The excellent optical characteristics are obtd. in this way.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平3-259204

⑬ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成3年(1991)11月19日

G 02 B 6/12

M

7036-2K

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全3頁)

⑮ 発明の名称 高屈折率化材料拡散による光導波路基板

⑯ 特 願 平2-58355

⑰ 出 願 平2(1990)3月9日

⑱ 発 明 者 田 中 信 幸 千葉県佐倉市六崎1440番地 藤倉電線株式会社佐倉工場内  
⑲ 出 願 人 藤倉電線株式会社 東京都江東区木場1丁目5番1号  
⑳ 代 理 人 弁理士 志賀 正武 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

高屈折率化材料拡散による光導波路基板

2. 特許請求の範囲

ドライ雰囲気中にて、基板に対して高屈折率化材料を拡散することにより、該基板の表面に導波路を形成し、

ドライ雰囲気中にて、前記導波路よりも深く、かつ、前記導波路の形成に伴って形成される表面導波層よりは浅く、低屈折率化材料を拡散したことを特徴とする高屈折率化材料拡散による光導波路基板。

3. 発明の詳細な説明

「産業上の利用分野」

この発明は光集積回路あるいは光機能デバイスに用いられる光導波路基板に関する。

「従来技術」

LiNbO<sub>3</sub>基板にTiを熱拡散することによって作製されるTi拡散LiNbO<sub>3</sub>導波路は、単一モー

ド導波路として有用である。また、LiNbO<sub>3</sub>結晶がEO(電気光学)結晶であるため、電界を加えることによって導波層の光学的特性を制御することができ、従って、光スイッチ、光変調器あるいはモードコンバータへの応用が可能である。

さて、Ti拡散LiNbO<sub>3</sub>光導波路の製造工程において、Tiの熱拡散をドライ雰囲気中に行うと、TiがLiNbO<sub>3</sub>基板内部へと拡散されると同時に結晶表面からLi<sub>2</sub>Oが放出される(以下、この現象をLi<sub>2</sub>Oの外拡散と呼ぶ)。そして、Li<sub>2</sub>Oの外拡散が行われると、Li<sub>2</sub>Oが抜けることによって屈折率の高くなった表面導波層がLiNbO<sub>3</sub>基板表面に形成され、外部からの異常光線に対する閉じ込めが弱くなってしまうという問題があった。

これに対し、Ti拡散をウェット雰囲気中で行うと、Li<sub>2</sub>Oの外拡散がある程度抑制される。具体的には、1000℃前後の温度で、ArあるいはN<sub>2</sub>に水蒸気を含ませてパージした雰囲気中でTiの熱拡散を行う方法が報告されている。しか

しながら、このような方法を用いた場合でも、依然としてLiNbO<sub>3</sub>基板の表面から数 $\mu$ の深さで表面導波層が形成される。第3図に上記のようにしてウェット雰囲気中にてTi拡散を行った場合のTi拡散LiNbO<sub>3</sub>導波路を光伝搬軸に垂直な平面で切った断面図を例示する。この図において、1はLiNbO<sub>3</sub>基板、2はTi拡散によって形成された導波路、3はLi<sub>2</sub>Oの外拡散によって形成された表面導波層である。このように表面導波層3が形成されると、導波路2を伝搬する光が横方向に漏れ(矢印L<sub>a</sub>およびL<sub>b</sub>)、導波路2内への光の閉じ込めが弱くなる。特に第4図に示すように、導波路2が曲がっている箇所において、横方向への光の漏れ(矢印L<sub>c</sub>)が大きくなる。また、Ti拡散導波路2の深さが表面導波層3と同じく数 $\mu$ mオーダーであるため、かえってTi拡散導波路の光学的特性に悪影響を及ぼしてしまう。

そこで、上述と同様にウェット雰囲気中にてTi拡散を行って導波路を形成した後、MgOの追拡散を行う方法が提案されるに至った。この方法に

れてしまう。この結果、MgOの拡散された表面導波層3の屈折率を $n_s$ 、表面導波層3の下部の低屈折率層1bの屈折率を $n_b$ 、LiNbO<sub>3</sub>基板1の屈折率を $n_1$ とした場合に $n_b < n_1 < n_s$ なる関係が成立し、表面導波層3を光が伝搬するようになってしまう。

この発明は上述した事情に鑑みてなされたものであり、光学的特性に優れ、かつ、安定して製造することが可能な高屈折率化材料拡散による光導波路基板を提供することを目的とする。

#### 「課題を解決するための手段」

この発明は、ドライ雰囲気中にて、基板に対して高屈折率化材料を拡散することにより、該基板の表面に導波路を形成し、

ドライ雰囲気中にて、前記導波路よりも深く、かつ、前記導波路の形成に伴って形成される表面導波層よりは深く、低屈折率化材料を拡散したことを特徴としている。

#### 「作用」

上記構成の場合、

よれば、MgOがドーブされることによって表面導波層の屈折率が低下して導波路内への光の閉じ込めが改善される他、導波路内の屈折率の分布が改善され、伝搬光のスポット形状がほぼ円形になるという効果が得られる。

#### 「発明が解決しようとする課題」

しかしながら、ウェット雰囲気中でのTi拡散を行った場合、基板に生じる表面導波層の厚さを制御することができず、また、表面導波層の厚さのサンプル依存性も大きい。従って、上述したようにMgOの追拡散を行った場合にMgOの拡散される深さが適切でないと、導波路の光学的特性が劣化するという問題があった。例えば第5図(a)に示すようにMgOの拡散層3aが導波路2よりも浅く形成された場合、導波路2の底部が依然として高屈折率の表面導波層3と接するので、この接合面を介した光の漏れを生ずる。また、第5図(b)に示すように、MgOの拡散が表面導波層3より深く進行すると、表面導波層3の下部にLiNbO<sub>3</sub>基板よりも屈折率の低い低屈折率層1bが形成さ

導波路の深さ<低屈折率層の深さ<表面導波層の深さ

という関係が成立し、導波路内のみを光が伝搬する。また、高屈折率化材料および低屈折率材料の拡散を共にドライ雰囲気中にて行うので、上記各層の深さの関係が成立するように制御することが容易であり、製造時、高い歩留りが得られる。

#### 「実施例」

以下、この発明の一実施例による高屈折率化材料拡散による光導波路基板について説明する。本実施例では、LiNbO<sub>3</sub>基板に対し、高屈折率化材料としてTiを、低屈折率化材料としてMgOを拡散する場合を例に説明する。なお、基板材料としては、LiNbO<sub>3</sub>の他、LiTaO<sub>3</sub>、PLZT、SBN、TiBaO<sub>3</sub>、ZnOなどの酸化物誘電体材料あるいは石英ガラス、光学ガラス等のガラス材料を用いることが可能である。また、導波路材としての高屈折率化材料はTiの他、Ta、Fe、Ag、La、Yなどを用いることが可能である。また、低屈折率化材料としては、MgOの他、Na<sub>2</sub>O、

$\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{BeO}$ 、 $\text{F}$ 、 $\text{B}_2\text{O}_3$ などを用いることが可能である。

さて、第1図を参照し、本実施例による光導波路基板の製造方法を説明する。まず、例えばリフトオフ法により、 $\text{LiNbO}_3$ 基板1の導波路形成領域に対し、選択的にTiのスパッタリングを行う。次いでドライ雰囲気中にて、Tiの熱拡散を行う。この結果、第1図(a)に示すように、Ti拡散導波路2が形成されると共に、 $\text{Li}_2\text{O}$ の外拡散が行われることにより、Ti拡散導波路2よりも深く、 $t = \text{数}100\mu\text{m}$ 程度の厚さで表面導波層3が形成される。このように表面導波層3を深く形成した状態において表面導波層3内の屈折率の分布を見ると、表面付近では屈折率が低く、表面からかなり深い所で屈折率が最大となっている。従って、屈折率の最大となる位置よりもさらに深い位置から光が導入されない限り、表面導波層3内へ光が伝搬することはない。

次いでドライ雰囲気中にて $\text{MgO}$ の追拡散を行い、第2図(b)に示すように、Ti拡散導波路2よ

りも深く、かつ、表面導波層3よりは浅く、低屈折率層3aを形成する。この拡散の深さの制御は、表面導波層3が十分な深さで形成されているため、比較的容易に行うことができる。この結果、高屈折率の導波路2の周囲が低屈折率層3aによって囲まれ、低屈折率層3aの下部に高屈折率層3bが残った状態に各層が形成され、導波路2内への光の閉じ込め性の良い光導波路が得られる。

#### 「発明の効果」

以上説明したように、この発明によれば、ドライ雰囲気中にて、基板に対して高屈折率化材料を拡散することにより、該基板の表面に導波路を形成し、ドライ雰囲気中にて、前記導波路よりも深く、かつ、前記導波路の形成に伴って形成される表面導波層よりは浅く、低屈折率化材料を拡散したので、光学的特性に優れ、かつ、高い歩留りで製造することが可能な高屈折率化材料拡散による光導波路基板を実現することができるという効果が得られる。

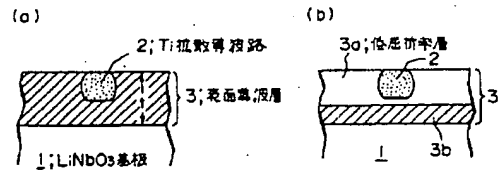
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図はこの発明の一実施例によるTi拡散 $\text{LiNbO}_3$ 光導波路の製造方法を説明する図、第2図は同実施例における表面導波層3内の屈折率の分布を示す図、第3図～第5図は従来の製造方法によって製造されたTi拡散 $\text{LiNbO}_3$ の問題点を説明する図である。

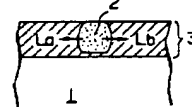
1…… $\text{LiNbO}_3$ 基板、2……Ti拡散導波路、3……表面導波層、3a……低屈折率層、3b……高屈折率層。

出願人 藤倉電線株式会社

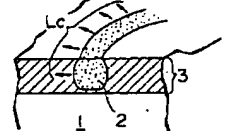
第1図



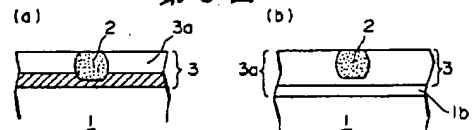
第3図



第4図



第5図



第2図

